

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K07723

研究課題名(和文) 高次脳活動中の高濃度酸素吸入による脳血流変化：NIRS+fMRI同時データ解析

研究課題名(英文) Influence of high concentrated oxygen inhalation on cerebral blood flow during higher brain functioning

研究代表者

白川 崇子 (Shirakawa, Takako)

東京都立大学・人間健康科学研究科・教授

研究者番号：40218045

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、ヒトは通常の活動時に脳の力を100%使い切っておらず、ヒト高次脳活動には「拡張可能な潜在能力」が存在するか？という疑問に基づいて行っている。簡単な計算を継続している時に高濃度酸素吸入すなわち好条件を与えて、脳血液の分布にどのような影響を及ぼすかfunctional near-infrared spectroscopyでデータ収集を行い、統計学的検定を行なった。高濃度酸素吸入によってもたらされた脳動脈中の高濃度オキシヘモグロビンは、元々脳活動していた領域へ選択的に供給された。プラトーにならず、さらに増加した。拡張可能な潜在能力がある。

研究成果の学術的意義や社会的意義

慣用句「火事場の馬鹿力」から、ヒトは通常の活動時に脳の力を100%使い切っておらず、ヒト高次脳活動には「拡張可能な潜在能力」が存在すると予測できたが、どのように拡張するのか不明だった。本研究によって、元々脳活動していた領域へオキシヘモグロビンが選択的に供給されて、さらに脳活動を拡張することを解明した。国内外の研究で、本研究に近い発表は無い。

研究成果の概要(英文)： We investigated statistically the effect of inhaling high-concentration oxygen while subjects were performing simple calculations, on the distribution of oxyhemoglobin to the brain using functional near-infrared spectroscopy. We targeted the prefrontal cortex rather than the angular gyrus because we thought the prefrontal cortex reacts quickly to various situations. High-concentrated oxyhemoglobin caused by concentrated oxygen inhalation was delivered from the cerebral arteries selectively to the previously active brain areas. It did not plateau but increased further. There was no change in the originally inactive area.  
There is a reserve capacity in the human brain for higher cerebral activity.

研究分野：放射線診断学

キーワード：fNIRS calculation reserve capacity prefrontal cortex oxygen inhalation

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトは通常の活動時に「脳の力」を100%使い切っておらず、学習中ですら余力を残していることが想定され、本研究は、ヒト高次脳活動には「拡張可能な潜在能力」が存在するか？という疑問に基づいて行っている。

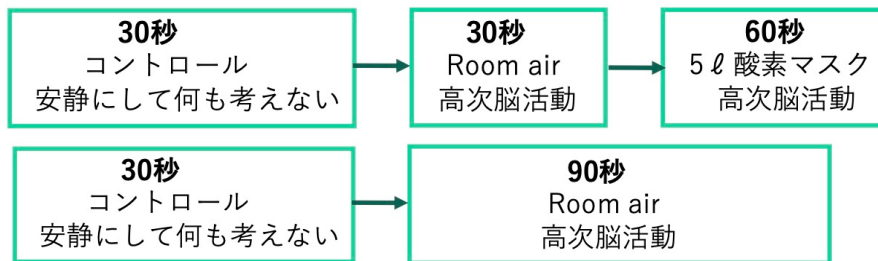
### 2. 研究の目的

高次脳活動中、高濃度酸素吸入、すなわち好条件を与えて、脳血液の分布にどのような影響を及ぼすか NIRS/fMRI 同時データ収集を行い解析することである。

### 3. 研究の方法

健康なボランティア 38 人（男性 13 人、女性 25 人）、平均年齢 21.5 ± 1.79, 20~27 歳）のデータ収集を行った。血圧、肺活量、body mass index (BMI) 正常、薬剤服用なし、簡単な一桁計算ができる成人をリクルートした。そのうち 13 人（男性 8 人、女性 5 人）に後半の 60 秒も酸素吸入なしで高次脳活動を続けた。

データ収集 一桁計算中のデータ収集を行った。



# 簡単な一桁計算は百ます計算たし算（陰山メソッド、陰山英男著、小学館）を行なった。

使用装置

# fNIRS (functional near-infrared spectroscopy) : LABNIRS<sup>®</sup> (島津製作所、京都)

# fMRI (functional magnetic resonance imaging) : Achieva<sup>®</sup>3.0T (Philips Healthcare, Best, The Netherlands)

使用する fNIRS データは、前額の 6.5X 21 cm 範囲、出力 11 node、受信 10 node、32 チャンネル、0.036 秒ごとである。下記の時間帯の平均値を使用する。

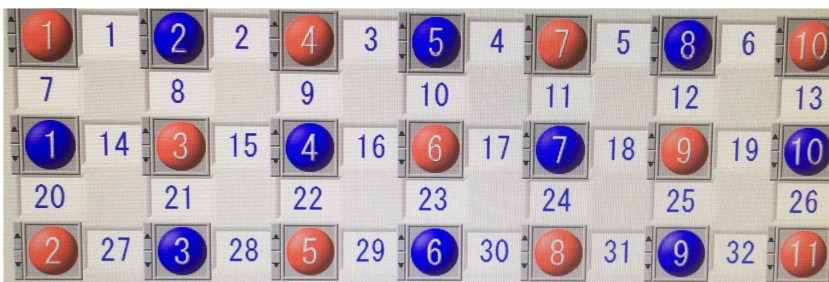
単位 [mmol/L・cm]

A: コントロール : 24~29 秒

B: room air 計算 44~59 秒

C: 高濃度酸素吸入（または room air）計算 104~119 秒（脳動脈に高濃度酸素が到達するのは、酸素吸入開始から 30 秒後）

それぞれの参加者の 32 チャンネルのうち [C-A] の最大値を 100 として、32 チャンネルの % [C-B] を評価した。



#### 4. 研究成果

一桁計算開始とともに、前頭葉活動領域の血液量が増え、酸素吸入によって、さらに脳活動領域の血液量増加、新たな脳活動領域の出現することを証明した。高濃度酸素吸入をするとさらに脳活動領域の血液量増加、新たな脳活動領域の出現することを証明した。

$[\%B-A] = [B-A]/[C-A]_{\max}$  32チャンネルの位置ごとの値

正の数は赤系表示、負の数は青系表示

	-7.4	24	-4	22	1.1	18	-18.9	29	-114.5	32	-9.5	26	
-78.1	31	13.8	8	-5.1	23	3	14	108.9	1	3.8	12	12.2	9
	29.1	5	5.9	10	-8.6	25	2.7	15	-2.2	19	15.9	7	
51.6	2	5.2	11	3.7	13	-2.9	20	-17.4	28	-3.1	21	41.2	4
	44.7	3	1.8	17	2.3	16	-19.5	30	-10.2	27	19.9	6	

$[\%C-B] = [C-B]/[C-A]_{\max}$  32チャンネルの位置ごとの値

	-134.2	30	-31.3	26	-4.9	22	-93.4	29	-9.9	23	-60.6	28	
-310.9	32	38.7	14	-12.5	24	10.4	19	-262.9	31	8.6	20	41.1	13
	70.9	5	53.1	10	60.3	9	61.1	8	96	3	77	4	
25.6	16	48.4	11	12.8	18	101.8	2	61.5	7	68.8	6	-33.7	27
	5.4	21	27.2	15	46.1	12	105.2	1	-16.4	25	18.6	17	

**105.2**    **1**    105.2 %, 1位

$[\%C-B]$  32チャンネルのうち、20%以上の箇所の合計を指標とする。13人の（酸素吸入あり・無し）対応のある検定、片側 ウィルコクソンで有意差があった。酸素吸入した方が脳血液量増加、脳活動があった。

また、動画像では、元々脳活動がある領域が酸素吸入することでさらに脳活動が引き起こり、広がった。元々、脳活動が無かった領域は変化が無かった。

ヒト高次脳活動には「拡張可能な潜在能力」が存在し、脳の元々活動している領域がさらに活動した。

#### <引用文献>

① Kleinschmidt A, Obrig H, Requardt M, Merboldt KD, Dirnagl U, Villringer A, Frahm J. Simultaneous recording of cerebral blood oxygenation changes during human brain activation by magnetic resonance imaging and near-infrared spectroscopy. J Cereb Blood Flow Metab. 1996 16:817-826 [PMID: 8784226] [DOI: [10.1097/00004647-199609000-00006](https://doi.org/10.1097/00004647-199609000-00006)]

- ② Kainerstorfer JM, Sassaroli A, Hallacoglu B, Pierro ML, Fantini S. Practical steps for applying a new dynamic model to near-infrared spectroscopy measurements of hemodynamic oscillations and transient changes: implications for cerebrovascular and functional brain studies. *Acad Radiol.* 2014 Feb;21(2):185-96. doi: 10.1016/j.acra.2013.10.012.
- ③ Satoru K, Hoshi Y. Spatial distributions of hemoglobin signals from superficial layers in the forehead during a verbal-fluency task. *Journal of Biomedical Optics* 2016; 21: 066009 [PMID: 27297363] [DOI: 10.1117/1.JBO.21.6.066009]
- ④ Sato H, Yahata N, Funane T, Takizwa R, Katura T, Atsumori H, Nishimura Y, Kinoshita A, Kiguchi M, Koizumi H, Fukuda M, Kasai K. A NIRS-fMRI investigation of prefrontal cortex activity during a working memory task. *Neuroimage.* 2013; 83:158-173 [PubMed: 23792984] [DOI: 10.1016/j.neuroimage.2013.06.043]
- ⑤ Dresler T, Obersteiner A, Schecklmann M, Vogel ACM, Ehlis AC, Richter MM, Plichta, MM, Reiss K, Pekrun R, Fallgatter AJ. Arithmetic tasks in different formats and their influence on behavior and brain oxygenation as assessed with near-infrared spectroscopy (NIRS): a study involving primary and secondary school children. *J Neural Transm.* 2009; 116:1689-1700 [PubMed: 19756362] [DOI 10.1007/s00702-009-0307-9]
- ⑥ Tong Y, Bergethon PR, Frederick BD. An improved method for mapping cerebrovascular reserve using concurrent fMRI and near-infrared spectroscopy with regressor interpolation at progressive time delay (RIPTiDe). *Neuroimage.* 2011; 56: 2047-2057 [PMID: 21459147] [PMCID: PMC3134125] [DOI: 10/1016/j.neuroimage.2011.03.071]

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 関根紀夫
2. 発表標題 NIRSデータ収集範囲の違いによる高次脳活動時高濃度酸素吸入効果の比較
3. 学会等名 第29回保健科学学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関根紀夫
2. 発表標題 高次脳活動中の高濃度酸素吸入による脳血液量変化：NIRSによるデータ収集
3. 学会等名 第28回保健科学学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白川崇子
2. 発表標題 高次脳活動中の高濃度酸素吸入による脳血流変化
3. 学会等名 第33回保健科学学会学術集会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	畑 純一 (Hata Junichi) (00568868)	東京都立大学・人間健康科学研究科・准教授  (22604)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	酒井 晃二 (Sakai Kouji)  (20379027)	京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授  (24303)	
研究分担者	関根 紀夫 (Sekine Norio)  (70295434)	東京都立大学・人間健康科学研究科・准教授  (22604)	
研究分担者	松浦 勉 (Matsuura Tsutomu)  (80181692)	東京都立大学・人間健康科学研究科・客員教授  (22604)	
研究分担者	古川 顕 (Furukawa Akira)  (80199421)	東京都立大学・人間健康科学研究科・教授  (22604)	
研究分担者	山田 恵 (Yamada Kei)  (80315960)	京都府立医科大学・医学(系)研究科(研究院)・教授  (24303)	
研究分担者	岡野 ジェイムス洋尚 (Okano Hirotaka)  (90338020)	東京慈恵会医科大学・医学部・教授  (32651)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------